

## TRAITE D'OPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

## NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner  
 US Department of Commerce  
 United States Patent and Trademark  
 Office, PCT  
 2011 South Clark Place Room  
 CP2/5C24  
 Arlington, VA 22202  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 29 décembre 2000 (29.12.00)	Destinataire:  Commissioner US Department of Commerce United States Patent and Trademark Office, PCT 2011 South Clark Place Room CP2/5C24 Arlington, VA 22202 ETATS-UNIS D'AMERIQUE en sa qualité d'office élu
Demande internationale no PCT/BEOO/00049	Référence du dossier du déposant ou du mandataire P.FNDP.09/WO
Date du dépôt international (jour/mois/année) 03 mai 2000 (03.05.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 03 mai 1999 (03.05.99)
Déposant PEREMANS, André etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

28 novembre 2000 (28.11.00)

dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

\_\_\_\_\_

2. L'élection  a été faite

n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse  no de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé  Juan Cruz  no de téléphone: (41-22) 338.83.38
--	---

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

Expéditeur: L'ADMINISTRATION CHARGEÉE DE  
L'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Destinataire:

VAN MALDEREN, Joelle  
OFFICE VAN MALDEREN  
Place Reine Fabiola 6/1  
1083 Bruxelles  
BELGIQUE

REC'D /

- 5. - 7. 2001

PCT

OFFICE VAN MALDEREN  
NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU  
RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE  
INTERNATIONAL

(règle 71.1 du PCT)

Date d'expédition  
(jour/mois/année) 03.07.2001

Référence du dossier du déposant ou du mandataire

P.FNPD.09/WO

**NOTIFICATION IMPORTANTE**

Demande internationale No.  
PCT/BE00/00049

Date du dépôt international (jour/mois/année)  
03/05/2000

Date de priorité (jour/mois/année)  
03/05/1999

Déposant

FACULTES UNIVERSIT. NOTRE-DAME DE LA PAIX et al.

1. Il est notifié au déposant que l'administration chargée de l'examen préliminaire international a établi le rapport d'examen préliminaire international pour la demande internationale et le lui transmet ci-joint, accompagné, le cas échéant, de ces annexes.
2. Une copie du présent rapport et, le cas échéant, de ses annexes est transmise au Bureau international pour communication à tous les offices élus.
3. Si tel ou tel office élu l'exige, le Bureau international établira une traduction en langue anglaise du rapport (à l'exclusion des annexes de celui-ci) et la transmettra aux offices intéressés.

**4. RAPPEL**

Pour aborder la phase nationale auprès de chaque office élu, le déposant doit accomplir certains actes (dépôt de traduction et paiement des taxes nationales) dans le délai de 30 mois à compter de la date de priorité (ou plus tard pour ce qui concerne certains offices) (article 39.1) (voir aussi le rappel envoyé par le Bureau international dans le formulaire PCT/IB/301).

Si une traduction de la demande internationale doit être remise à un office élu, elle doit comporter la traduction de toute annexe du rapport d'examen préliminaire international. Il appartient au déposant d'établir la traduction en question et de la remettre directement à chaque office élu intéressé.

Pour plus de précisions en ce qui concerne les délais applicables et les exigences des offices élus, voir le Volume II du Guide du déposant du PCT.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international



Office européen des brevets

D-80298 Munich

Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d

Fax: +49 89 2399 - 4465

Fonctionnaire autorisé

ANDREATTA, R

Tél. +49 89 2399-7581



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(57) Abrégé

La présente invention se rapporte à un dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant une cavité résonnante (20): délimitée par un premier miroir (1) et un second miroir (8); munie d'un milieu laser actif amplificateur (5) pour l'amplification d'un faisceau de rayonnement laser à la fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ); et d'un moyen optique non-linéaire solide (10), qui comprend au moins ledit second miroir (8), pour la conversion réversible du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en rayonnement de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ), ledit moyen optique non-linéaire (10) présentant un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale, caractérisé en ce que ledit dispositif comprend en outre dans la cavité résonnante (20) un limiteur d'intensité (4) solide dont le coefficient de transmission du rayonnement laser diminue avec l'intensité dudit rayonnement. La présente invention se rapporte également à un procédé pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, utilisant un tel dispositif.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publient des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Liberia	SG	Singapour		

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Translation

PATENT COOPERATION TREATY  
PCT  
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT  
(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference <b>P.FNDP.09/WO</b>	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. <b>PCT/BE00/00049</b>	International filing date ( <i>day/month/year</i> ) <b>03 May 2000 (03.05.00)</b>	Priority date ( <i>day/month/year</i> ) <b>03 May 1999 (03.05.99)</b>
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC <b>H01S 3/098</b>		
Applicant <b>FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX</b>		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 4 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I  Basis of the report
- II  Priority
- III  Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV  Lack of unity of invention
- V  Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI  Certain documents cited
- VII  Certain defects in the international application
- VIII  Certain observations on the international application

Date of submission of the demand <b>28 November 2000 (28.11.00)</b>	Date of completion of this report <b>03 July 2001 (03.07.2001)</b>
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

03.10.2001 (03.07.2001)

International application No.

PCT/BE00/00049

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*)

the international application as originally filed.

the description, pages 1-13, as originally filed,

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,

Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,

Nos. 1-11, filed with the letter of 21 May 2001 (21.05.2001),

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

the drawings, sheets/fig 1/2-2/2, as originally filed,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

## 2. The amendments have resulted in the cancellation of:

the description, pages \_\_\_\_\_

the claims, Nos. \_\_\_\_\_

the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3.  This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

## 4. Additional observations, if necessary:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No  
PCT/BE 00/00049

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-11	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-11	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-11	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. The following document is referred to:

D1: OPTICS COMMUNICATIONS, Vol. 118, N° 1/02,  
1 July 1995, Amsterdam, NL, pages 51-54.

2. The subject matter of Claims 1, 10 and 11 is novel (PCT Article 33(2)) and inventive (PCT Article 33(3)).

D1, which is considered to represent the most relevant prior art, discloses a laser mode-blocking device from which the subject matter of Claims 1, 10 and 11 differs in that the intensity limiter of the fundamental frequency beam includes a GaAs, CdSe or InP film.

In D1, the fundamental beam intensity limiter consists of a Pockels cell (active element).

The problem addressed by the present invention can therefore be considered to be that of providing a solid intensity limiter in the resonant cavity with which the laser radiation transmission coefficient

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**International application No.  
PCT/BE 00/00049

reduces with the intensity of the said radiation in a passive manner.

The solution to that problem put forward in Claims 1, 10 and 11 of the present application is considered to involve an inventive step (PCT Article 33(3) because the use of a GaAs, CdSe or InP film as an intensity limiter in a laser mode-blocking device is neither disclosed nor suggested by the cited prior art.

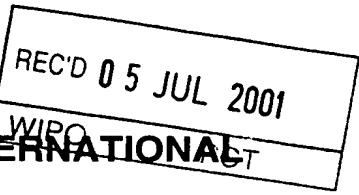
3. Claims 2-9 are dependent on Claim 1 and therefore likewise satisfy the PCT requirements of novelty and inventive step.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

## RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL



(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire P.FNPD.09/WO	<b>POUR SUITE A DONNER</b>		voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)
Demande internationale n° PCT/BE00/00049	Date du dépôt international ( <i>jour/mois/année</i> ) 03/05/2000	Date de priorité ( <i>jour/mois/année</i> ) 03/05/1999	
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H01S3/098			
Déposant FACULTES UNIVERSIT. NOTRE-DAME DE LA PAIX et al.			

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 4 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
  - Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 4 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I    Base du rapport
- II    Priorité
- III    Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV    Absence d'unité de l'invention
- V    Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI    Certains documents cités
- VII    Irrégularités dans la demande internationale
- VIII    Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 28/11/2000	Date d'achèvement du présent rapport 03.07.2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:   Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé  Moskowitz, P N° de téléphone +49 89 2399 2521



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/BE00/00049

## I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les éléments de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

**Description, pages:**

1-13 version initiale

## **Revendicaciones. N°:**

1-11 recue(s) le 23/05/2001 avec la lettre du 21/05/2001

## Dessins, feuilles:

1/2,2/2 version initiale

2. En ce qui concerne la langue, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les séquences de nucléotides ou d'acide aminés divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire international a été effectué sur la base du listage des séquences :

- contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listages des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

#### **4. Les modifications ont entraîné l'annulation :**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/BE00/00049

de la description,      pages : \_\_\_\_\_

des revendications,      n°s : \_\_\_\_\_

des dessins,            feuilles : \_\_\_\_\_

5.  Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

*(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)*

## 6. Observations complémentaires, le cas échéant :

**V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

## 1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications	1-11
	Non : Revendications	
Activité inventive	Oui : Revendications	1-11
	Non : Revendications	
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-11
	Non : Revendications	

## **2. Citations et explications voir feuille séparée**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**V.**

1. Il est fait référence au document suivant:

D1: OPTICS COMMUNICATIONS, vol.118, no.1/02, 1 July 1995, Amsterdam,  
NL, p.51-54.

2. L'objet des revendications 1, 10 et 11 est nouveau (article 33(2) PCT) et inventif (article 33(3) PCT).

Le document D1, qui est considéré comme représentant l'état de la technique le plus pertinent, divulgue un dispositif pour le mode-blocage d'un laser dont l'objet des revendications 1, 10 et 11 diffère en ce que le limiteur d'intensité du faisceau de fréquence fondamentale comprend une lame GaAs, CdSe ou InP.

Dans D1, le limiteur d'intensité du faisceau fondamentale est constitué par une cellule de Pockels (élément actif).

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme pourvoir un limiteur d'intensité solide dans la cavité résonnante, dont le coefficient de transmission du rayonnement laser diminue avec l'intensité du dit rayonnement, **d'une manière passive**.

La solution de ce problème proposée dans les revendications 1, 10 et 11 de la présente demande est considérée comme impliquant une activité inventive (article 33(3) PCT), parce que l'utilisation d'une lame GaAs, CdSe ou InP comme limiteur d'intensité dans un dispositif de mode-blocage d'un laser n'est ni connue ni suggérée par l'état de la technique cité.

3. Les revendications 2-9 dépendent de la revendication 1 et satisfont donc également, en tant que telles, aux conditions requises par le PCT en ce qui concerne la nouveauté et l'activité inventive.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant une cavité résonnante (20),

- délimitée par un premier miroir (1) et un second miroir (8),
- munie d'un milieu laser actif amplificateur (5) pour l'amplification d'un faisceau de rayonnement laser à la fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ),
- et d'un moyen optique non-linéaire solide (10), qui comprend au moins ledit second miroir (8), pour la conversion réversible du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en rayonnement de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ), ledit moyen optique non-linéaire (10) présentant un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale ; ledit dispositif comprenant en outre un limiteur d'intensité (4) solide, disposé dans la cavité résonnante (20) et dont le coefficient de transmission du rayonnement laser diminue avec l'intensité dudit rayonnement, caractérisé en ce que ledit limiteur d'intensité (4) comprend une lame GaAs, CdSe ou InP.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen optique non-linéaire (10) comprend ledit second miroir (8) qui correspond à un miroir dichroïque et un cristal non-linéaire (7) capable de

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

convertir le rayonnement de fréquence fondamentale en rayonnement de fréquence harmonique.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen optique non-linéaire (10) comprend ledit second miroir (8) qui correspond à un miroir dichroïque, un cristal non-linéaire (7) capable de convertir le rayonnement de fréquence fondamentale en rayonnement de fréquence harmonique et au moins un élément permettant la modification et/ou la sélection de polarisation.

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit cristal non linéaire est un cristal BBO.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen optique non-linéaire (10) comprend uniquement le second miroir (8), ledit second miroir correspondant à un absorbeur saturable anti-résonnant Fabry-Perot construit à partir d'une superposition de films semi-conducteurs diélectriques ou métalliques.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le limiteur d'intensité (4) et le moyen optique non-linéaire (10) sont placés de part et d'autre du milieu actif amplificateur (5).

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le limiteur d'intensité (4) est placé entre le moyen optique non-linéaire (10) et le milieu actif amplificateur (5).

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le milieu actif amplificateur est un cristal Nd :YAG.

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen optique non linéaire (10) présente un coefficient de réflexion du

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

rayonnement de deuxième harmonique ( $\omega_2$ ) supérieur au coefficient de réflexion du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ).

10. Dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant une cavité résonnante (20),

- délimitée par un premier miroir (1) et un second miroir (8),
- munie d'un milieu laser actif amplificateur (5) pour l'amplification d'un faisceau de rayonnement laser à la fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ),
- et d'un moyen optique non-linéaire solide (10), qui comprend au moins l'édit second miroir (8), pour la conversion réversible du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en rayonnement de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ), l'édit moyen optique non-linéaire (10) présentant un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale, caractérisé en ce que l'édit dispositif est pourvu d'un limiteur d'intensité comprenant une lame GaAs, CdSe ou InP présentant un coefficient de transmission qui diminue avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale de manière à assurer conjointement avec l'édit moyen optique non linéaire (10) à la fois une rétroaction positive et une rétroaction négative sur le facteur qualité de la cavité résonnante (20).

11. Procédé pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, caractérisé en ce qu'il comprend :

- l'émission d'un faisceau de rayonnement laser de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) par stimulation d'un milieu laser actif (5),

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

- la conversion du faisceau de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en un faisceau de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ),
- le renvoi du faisceau de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ) vers la cavité résonnante (20),

5 - la reconversion du faisceau de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ) en un faisceau de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ), et

- la limitation d'intensité du faisceau de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) au sein de la cavité résonnante (20), au moyen d'au moins une lame GaAs, CdSe ou InP.

10

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**TRAITE DE CO RATION EN MATIERE DE BREVETS**  
**PCT**

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire <b>P.FNPD.09/W0</b>	<b>POUR SUITE A DONNER</b>	voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après
Demande internationale n° <b>PCT/BE 00/ 00049</b>	Date du dépôt international(jour/mois/année) <b>03/05/2000</b>	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) <b>03/05/1999</b>

Déposant

**FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX**

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feilles.

Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

**1. Base du rapport**

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.
  - la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.
- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :
  - contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
  - déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
  - remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
  - remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
  - La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
  - La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2.  Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3.  Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,

- le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.
- Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégé**,

- le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
- le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

- suggérée par le déposant.
- parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.
- parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

1

Aucune des figures n'est à publier.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

CLAIMS

1. Device for mode-locking a laser, in particular a laser of pulsed type, comprising a resonant cavity (20),

5 - delimited by a first mirror (1) and a second mirror (8),  
- provided with an active laser gain medium (5) for amplifying a laser radiation beam at the fundamental frequency ( $\omega_1$ ), and  
- with a solid non-linear optical means (10) which comprises at least said second mirror (8), for reversible conversion of the radiation at the fundamental frequency ( $\omega_1$ ) into radiation at a harmonic frequency ( $\omega_2$ ), said non-linear optical means having a reflection coefficient which increases as the intensity of the radiation at the

10 fundamental frequency increases,

characterized in that said device further comprises in the resonant cavity (20) a solid intensity limiter (4) whose transmission coefficient of the laser radiation decreases as the intensity of said radiation increases.

20 2. Device according to Claim 1, characterized in that the intensity limiter (4) comprises a plate made of a semiconductor material such as GaAs, CdSe or InP.

25 3. Device according to Claim 1 or 2, characterized in that the intensity limiter (4) comprises a non-linear crystal able to convert the radiation at the fundamental frequency into radiation at a harmonic frequency, or an electronically controlled active device such as a Pockels cell or an acousto-optical modulator (2).

30 4. Device according to one of the preceding claims, characterized in that the non-linear optical means (10) comprises said second mirror (8) which corresponds to a dichroic mirror and a non-linear crystal (7) able to convert the radiation at the fundamental frequency into radiation at a harmonic frequency.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5. Device according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the non-linear optical means (10) comprises said second mirror (8) which corresponds to a dichroic mirror, a non-linear crystal (7) able to convert  
the radiation at the fundamental frequency into radiation at a harmonic frequency, and at least one component for polarization selection and/or modification.

10 6. Device according to Claim 4 or 5, characterized in that said non-linear crystal is a BBO crystal.

15 7. Device according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the non-linear optical means (10) comprises only the second mirror (8), said second mirror corresponding to a Fabry-Perot anti-resonant saturable absorber constructed from a superposition of dielectric or metallic semiconductor films.

20 8. Device according to one of the preceding claims, characterized in that the intensity limiter (4) and the non-linear optical means (10) are placed on either side of the active gain medium (5).

9. Device according to one of the preceding claims, characterized in that the intensity limiter (4) is placed between the non-linear optical means (10) and the active gain medium (5).

25 10. Device according to one of the preceding claims, characterized in that the active gain medium is an Nd:YAG crystal.

30 11. Device according to one of the preceding claims, characterized in that the non-linear optical means (10) has a reflection coefficient of the radiation at the second harmonic ( $\omega_2$ ) which is greater than the reflection coefficient of the radiation at the fundamental frequency ( $\omega_1$ ).

35 12. Device for mode-locking a laser, in particular a laser of pulsed type, comprising a resonant

THIS PAGE BLANK (USPTO)

cavity (20),  
- delimited by a first mirror (1) and a second mirror (8),  
- provided with an active laser gain medium (5) for  
amplifying a laser radiation beam at the fundamental  
5 frequency ( $\omega_1$ ), and  
- with a solid non-linear optical means (10) which  
comprises at least said second mirror (8), for reversible  
conversion of the radiation at the fundamental frequency  
( $\omega_1$ ) into radiation at a harmonic frequency ( $\omega_2$ ), said  
10 non-linear optical means (10) having a reflection  
coefficient which increases as the intensity of the  
radiation at the fundamental frequency increases,  
characterized in that said device is provided with means  
for ensuring both a positive feedback and a negative  
15 feedback on the quality factor of the resonant cavity (20).

13. Process for mode-locking a laser, in particular a laser of pulsed type, characterized in that it comprises:

- emitting a laser radiation beam at the fundamental  
20 frequency ( $\omega_1$ ) by stimulating an active laser medium (5),
- converting the beam at the fundamental frequency ( $\omega_1$ )  
into a beam at a harmonic frequency ( $\omega_2$ ),
- returning the beam at the harmonic frequency ( $\omega_2$ ) to the  
resonant cavity (20),
- 25 - reconverting the beam at the harmonic frequency ( $\omega_2$ ) into  
a beam at the fundamental frequency ( $\omega_1$ ), and
- limiting the intensity of the beam at the fundamental  
frequency ( $\omega_1$ ) inside the resonant cavity (20).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

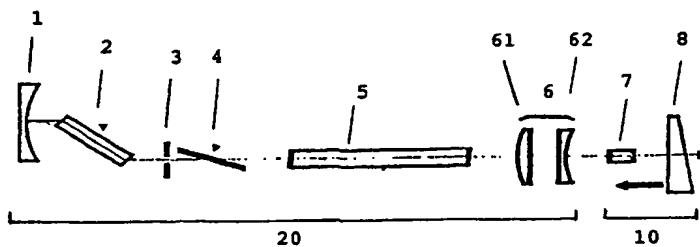


## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 7 :  H01S 3/098		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/67351  (43) Date de publication internationale: 9 novembre 2000 (09.11.00)	
(21) Numéro de la demande internationale:	PCT/BE00/00049	(81) Etats désignés: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	(22) Date de dépôt international:	3 mai 2000 (03.05.00)
(30) Données relatives à la priorité:	9900314 3 mai 1999 (03.05.99)	BE		
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US):	FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX [BE/BE]; Rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur (BE).			
(72) Inventeurs; et				
(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):	PEREMANS, André [BE/BE]; Chemin du Gros Buisson 23, B-5020 Malonne (BE). MANI, Alaa, Addin [SY/BE]; Rue J. Grafé, 4/201, B-5000 Namur (BE). THIRY, Paul [BE/BE]; Avenue Joséphine Charlotte, 58, B-1330 Rixensart (BE).	Publiée	Avec rapport de recherche internationale. Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.	
(74) Mandataires:	VAN MALDEREN, Eric etc.; Office Van Malderen, Place Reine Fabiola 6/1, B-1083 Bruxelles (BE).			

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR A LASER BLOCKED-MODE

(54) Titre: DISPOSITIF ET PROCEDE PERMETTANT LE MODE-BLOCAGE D'UN LASER



## (57) Abstract

The invention relates to a device for a laser blocked-mode, especially for a pulsed laser, comprising a cavity resonator (20) which is defined by a first mirror (1) and a second mirror (8), and fitted with an amplifying active laser medium (5) for the amplification of a beam of laser radiation of a fundamental frequency ( $\omega_1$ ) and a solid, non-linear optic means (10) comprising at least said second mirror (8) for reversible conversion of the radiation of the fundamental frequency ( $\omega_1$ ) into radiation of a harmonic frequency ( $\omega_2$ ), whereby said non-linear optic means (10) has a reflection factor which increases with the intensity of the radiation of a fundamental frequency. The invention is characterized in that said device also comprises a solid intensity limiter (4) in the cavity resonator (20), whereby the transmission factor of the laser radiation decreases with the intensity of said radiation. The invention also relates to a method for a laser blocked-mode, especially for a pulsed laser, using said device.

(57) Abrégé

La présente invention se rapporte à un dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant une cavité résonnante (20): délimitée par un premier miroir (1) et un second miroir (8); munie d'un milieu laser actif amplificateur (5) pour l'amplification d'un faisceau de rayonnement laser à la fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ); et d'un moyen optique non-linéaire solide (10), qui comprend au moins ledit second miroir (8), pour la conversion réversible du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en rayonnement de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ), ledit moyen optique non-linéaire (10) présentant un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale, caractérisé en ce que ledit dispositif comprend en outre dans la cavité résonnante (20) un limiteur d'intensité (4) solide dont le coefficient de transmission du rayonnement laser diminue avec l'intensité dudit rayonnement. La présente invention se rapporte également à un procédé pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, utilisant un tel dispositif.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettone	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Liberia	SG	Singapour		

5

DISPOSITIF ET PROCEDE PERMETTANT LE MODE-BLOCAGE D'UN LASERObjet de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à un dispositif et à un procédé permettant le mode-blocage d'un laser, et en particulier d'un laser fonctionnant en mode pulsé.

Arrière-plan technologique

[0002] Une cavité laser est constituée d'un milieu amplificateur de lumière placé au sein d'une cavité résonnante délimitée par deux miroirs orientés en auto-collimation, c'est-à-dire face à face. Lorsque le milieu amplificateur est activé, une oscillation optique est entretenue dans la cavité, de sorte que le dispositif puisse émettre un faisceau optique caractérisé par une brillance spatiale et spectrale très élevée.

[0003] Le mode-blocage d'une cavité laser consiste à forcer la circulation d'impulsions optiques brèves dans la dite cavité résonnante, de manière à générer des impulsions de forte intensité crête et d'une durée typiquement inférieure à 100 picosecondes pouvant aller jusqu'à quelques femtosecondes en fonction du milieu amplificateur utilisé.

[0004] Parmi les lasers, on peut distinguer les lasers de type continu où le milieu amplificateur est activé de manière permanente, c'est-à-dire sur des échelles de temps de plusieurs secondes à plusieurs heures. Un laser continu mode-bloqué pourra donc générer des impulsions

brèves à un taux de répétition de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de mégahertz correspondant au temps de circulation (aller-retour) des impulsions dans la cavité résonnante.

5 [0005] Ce taux de répétition élevé, implique que ce type de laser émettra des impulsions optiques de faible énergie. Ce type de laser est néanmoins adéquat, pour de nombreuses applications requérant une puissance optique moyenne élevée mais pouvant se satisfaire d'énergie  
10 impulsionale faible telles que la technologie LIDAR, ou les spectroscopies «linéaires» d'absorption, de photoionisation, de fluorescence,...

[0006] D'autre part, il existe des lasers de type pulsé caractérisés par un cycle de travail très faible du  
15 milieu amplificateur (inférieure à 1/50). Ce dernier est activé pendant un courte période, typiquement inférieure à 1 milliseconde à un faible taux de répétition typiquement de quelques dizaines de hertz. En mode pulsé, le milieu amplificateur peut être temporairement très fortement  
20 activé, correspondant à un stockage important d'énergie optique dans le milieu amplificateur, de sorte qu'un laser pulsé mode-bloqué pourra générer des impulsions nettement plus énergétiques que celles générées par les lasers mode-bloqué de type continu. Par contre, le fait d'une  
25 part, que le coefficient d'amplification du milieu amplificateur ne soit pas constant pendant la période transitoire d'activation et, d'autre part, que la stabilisation de l'oscillation optique dans la cavité laser est un processus dynamique qui requiert un certain temps et  
30 peut donc être incomplète pendant le temps d'activation du milieu amplificateur, limite l'efficacité du mode-blocage et par conséquent, la brièveté et la stabilité énergétique des dites impulsions optiques générées.

[0007] Les lasers pulsés sont utilisés dans les processus de fabrication nécessitant des impulsions optiques de forte énergie tels que pour l'ablation de matériaux, la découpe laser, traitement de surface, ainsi 5 pour les spectroscopies optiques « non-linéaires» telles que l'ionisation résonnante à plusieurs photons, la spectroscopie de génération de fréquence somme ainsi que toutes techniques requérant un faible taux de répétition du laser (mesures résolues en temps).

10 [0008] Une manière d'obtenir le mode-blocage des lasers de type pulsé est d'insérer une cellule à colorant (solvant liquide), éventuellement associée à un limiteur d'intensité dans la cavité laser. Ce dispositif présente plusieurs inconvénients, en particulier :

15 - la mobilité et l'inhomogénéité du solvant qui circule dans la cellule sont des facteurs d'instabilité énergétique des impulsions émises.

- La dégradation chimique ou photochimique dudit colorant nécessite l'intervention régulière de personnes 20 qualifiées pour obtenir une optimisation du processus de mode-blocage.

[0009] Le document US-A-4914658 décrit un laser à l'état solide tel qu'un laser Yttrium Aluminium Garnet dopé au Néodyme (Nd:YAG) auquel est adjoint un cristal non-linéaire et un miroir dichroïque en vue de créer un moyen optique non-linéaire permettant le mode-blocage du laser. Dans la forme la plus simple de mise en œuvre du dispositif, le cristal non-linéaire permet de générer un faisceau de deuxième harmonique à partir du faisceau fondamental amplifié par le milieu amplificateur. 25 L'oscillation dans la cavité résonnante de la portion du faisceau fondamental non-convertie par le cristal non-linéaire, est discriminée négativement grâce à un miroir 30

dichroïque qui doit présenter un coefficient de réflexion à la fréquence de deuxième harmonique supérieur à celui à la fréquence fondamentale.

[0010] L'ajustement de la distance optique entre le cristal non-linéaire et le miroir dichroïque permet d'obtenir un déphasage adéquat entre le faisceau fondamental et le faisceau de deuxième harmonique afin d'obtenir une reconversion efficace du faisceau de deuxième harmonique en faisceau fondamental dans le cristal non-linéaire. Ce déphasage peut aussi être obtenu par insertion d'une lame transparente entre le cristal non-linéaire et le miroir dichroïque.

[0011] Le moyen optique non linéaire a pour fonction d'augmenter le facteur qualité de la cavité laser, c'est-à-dire de diminuer les pertes d'énergie du faisceau laser par réflexion contre le miroir dichroïque, quand la puissance instantanée du faisceau à la fréquence fondamentale générée par le milieu amplificateur augmente. En d'autres termes, le moyen optique non linéaire induit une rétroaction positive sur le facteur qualité de la cavité laser en fonction de la puissance instantanée du faisceau à la fréquence fondamentale.

[0012] Le dispositif optique non-linéaire de mode-blocage est en outre caractérisé en ce que le rapport des puissances du faisceau de deuxième harmonique par rapport au faisceau à la fréquence fondamentale augmente avec la puissance du faisceau à la fréquence fondamentale.

[0013] Le document EP-A-0951111 propose un dispositif et une méthode pour permettre le mode-blocage d'un laser, de préférence fonctionnant également en mode continu, qui se basent sur le principe décrit dans le document US-A-4914658. Dans ce cas de figure, il est proposé de convertir une partie du faisceau laser à la fréquence fondamentale en un faisceau de deuxième

harmonique par l'utilisation d'un cristal non-linéaire. L'oscillation dans la cavité résonnante de la portion du faisceau fondamental non-convertie dans le cristal non-linéaire est discriminée négativement grâce à la 5 combinaison d'une lame retardatrice et d'un polariseur. Dans ce document, le milieu amplificateur est du Nd:Vanadate, le cristal non linéaire est du Lithium Triborate et la lame retardatrice présente un retard de  $\lambda/4 = 1064$  nm et  $\lambda/2 = 532$  nm. La lame retardatrice est placée 10 entre le cristal non linéaire et le miroir dichroïque tandis que le polariseur est placé entre le milieu amplificateur et le cristal non linéaire.

[0014] Il est précisé dans ce document que le miroir dichroïque, placé derrière le cristal non-linéaire, 15 présente un coefficient de réflexion à la fréquence de deuxième harmonique qui n'est pas plus élevé que le coefficient de réflexion à la fréquence fondamentale.

[0015] Le moyen optique non linéaire décrit dans ce document a pour fonction d'augmenter le facteur qualité de 20 la cavité laser, c'est-à-dire de diminuer les pertes d'énergie du faisceau laser par réflexion contre le polariseur, quand la puissance instantanée du faisceau à la fréquence fondamentale généré par le milieu amplificateur augmente. En d'autres termes, le moyen optique non linéaire 25 induit une rétroaction positive sur le facteur qualité de la cavité laser en fonction de la puissance instantanée du faisceau à la fréquence fondamentale.

[0016] Les dispositifs décrits dans les deux documents précédents US-A-4914658 et EP-0951111 permettent 30 le mode-blocage efficace des lasers continus. Par exemple, des impulsions aussi brèves que ~10 picosecondes LTMH (largeur totale à mi-hauteur) peuvent être générées lorsqu'un milieu amplificateur Nd:YAG est utilisé. Par

contre ces dispositifs fonctionnent mal dans le cas de lasers pulsés. Les durées d'impulsions les plus brèves jamais obtenues grâce au dispositif tel que décrit dans le document US-A-49146558 sont de 35 picosecondes LTMH  
5 (largeur total à mi-hauteur) dans le cas d'un laser Nd:YAG pulsé. Ces mauvaises performances résultent du fait que le coefficient d'amplification du milieu actif, l'énergie des impulsions optiques et donc le rendement de conversion du cristal non-linéaire utilisé dans le dispositif non-  
10 linéaire varient fortement au cours de la période d'activation du milieu amplificateur ce qui empêche un stabilisation de l'oscillation optique dans la cavité résonnante. D'autre part, le nombre réduit d'aller-retour intracavité, et donc d'interaction avec le dispositif non-  
15 linéaire, réalisés par les impulsions optiques pendant le temps d'activation du milieu amplificateur limite aussi l'efficacité du mode-blocage.

Buts de l'invention

20 [0017] La présente invention vise à fournir un dispositif et un procédé de mode-blocage d'un laser permettant d'obtenir des impulsions particulièrement brèves et présentant une grande stabilité énergétique, même dans le cas d'un laser pulsé.

25 [0018] La présente invention vise en particulier à s'affranchir des inconvénients des dispositifs et procédés de l'état de la technique.

[0019] En particulier, la présente invention vise à proposer un dispositif constitué uniquement d'éléments  
30 solides et donc simple à entretenir comparativement aux dispositifs utilisant des colorants (solvants liquides), robuste et peu coûteux. En outre, les différents constituants utilisés devront présenter un faible taux de dégradation dans le temps.

Principaux éléments caractéristiques de l'invention

[0020] La présente invention se rapporte à un dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier 5 un laser de type pulsé, comprenant une cavité laser délimitée par un premier miroir et un second miroir, munie d'un milieu actif pour l'amplification du faisceau laser de fréquence fondamentale, et un moyen optique non-linéaire solide qui comprend au moins ledit second miroir et qui 10 présente un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du faisceau, caractérisé en ce que ledit dispositif comprend en outre dans la cavité laser un limiteur d'intensité solide dont le coefficient de transmission du faisceau fondamental qui diminue avec 15 l'intensité dudit faisceau laser.

[0021] Plus précisément, alors que les dispositifs tels que décrits dans le document US-A-4914658 et EP-0951111 ne présentent, par l'utilisation d'un moyen optique non linéaire, qu'une rétroaction positive sur le 20 facteur de qualité de la cavité résonnante laser en fonction de la puissance du faisceau fondamental, le dispositif selon la présente invention présente, par l'utilisation conjointe du moyen optique non linéaire et du limiteur d'intensité, à la fois une rétroaction positive et 25 une rétroaction négative sur ce facteur de qualité. Ceci est dû au fait que le moyen optique non linéaire présente un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du faisceau fondamental tandis que le limiteur d'intensité présentant un coefficient de transmission à la fréquence 30 fondamentale du laser qui diminue avec l'intensité du faisceau fondamental.

[0022] L'utilisation conjointe du moyen optique non-linéaire et du limiteur d'intensité implique que le rapport de puissance du faisceau de deuxième harmonique par rapport

au faisceau fondamental n'augmente plus avec l'intensité du faisceau fondamental lorsque cette dernière intensité dépasse le seuil de fonctionnement de limiteur d'intensité.

[0023] Avantageusement, le moyen optique non-linéaire comprend ledit second miroir qui correspond à un miroir dichroïque et un cristal non-linéaire convertisseur de la fréquence laser.

[0024] Le moyen optique non-linéaire peut également comprendre que ledit second miroir qui correspond alors à un absorbeur saturable anti-résonnant Fabry-Perot construit à partir d'une superposition de films semi-conducteurs diélectriques ou métalliques.

[0025] Le moyen optique non linéaire peut également comprendre ledit second miroir qui correspond à un miroir dichroïque, un cristal non-linéaire convertisseur de fréquence et au moins un polariseur.

[0026] Avantageusement, le limiteur d'intensité est constitué par une lame réalisée en un matériau semi-conducteur tel que GaAs, CdSe ou InP.

[0027] De manière alternative, le limiteur d'intensité est constitué par un cristal non-linéaire qui convertit le faisceau fondamental en faisceau de fréquence harmonique.

[0028] De manière alternative, le limiteur d'intensité est constitué par un dispositif actif c'est-à-dire commandé électroniquement qui induit des pertes d'énergie croissantes dans la cavité lorsque l'intensité du faisceau fondamental augmente, tel qu'une cellule de Pockels ou un modulateur photo-acoustique.

[0029] De manière avantageuse, le limiteur d'intensité est disposé entre le milieu amplificateur et le moyen optique non linéaire.

[0030] De manière particulièrement avantageuse, le limiteur d'intensité et le moyen optique non linéaire sont disposés de part et d'autre du milieu amplificateur.

[0031] La présente invention se rapporte également à 5 un procédé pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant:

- l'émission d'un faisceau de rayonnement laser de fréquence fondamentale par stimulation d'un milieu laser actif,
- 10 - la conversion du faisceau de fréquence fondamentale en un faisceau de fréquence harmonique,
- le renvoi du faisceau de fréquence harmonique vers la cavité résonnante
- la reconversion du faisceau de fréquence harmonique en 15 un faisceau de fréquence fondamentale,
- la limitation d'intensité du faisceau de fréquence fondamentale au sein de la cavité résonnante.

#### Brève description des dessins

20 [0032] La figure 1 décrit une forme particulière d'exécution du dispositif permettant la réalisation d'un oscillateur Nd:YAG selon le principe de la présente invention.

[0033] La figure 2 représente l'enveloppe du train 25 d'impulsions obtenue pour l'oscillateur Nd:YAG tel que décrit à la figure 1.

[0034] La figure 3 représente la mesure de la largeur de l'impulsion qui est effectuée par une auto-corrélation de second ordre standard sans signal de 30 fond.

Description détaillée d'une forme d'exécution de l'invention

[0035] La figure 1 décrit à titre d'exemple une forme d'exécution du dispositif selon l'invention. On

5 réalise de manière classique d'une part une cavité résonnante 20 délimitée par un premier miroir 1 et un second miroir 8 et d'autre part un moyen optique non-linéaire 10 comprenant ledit second miroir 8. Le premier miroir 1 est à réflexion élevée, de préférence 10 totale, et le second miroir 8 est un miroir dichroïque. Au sein de la cavité résonnante 20, on dispose un milieu actif 5, qui peut être de manière classique un milieu Nd:YAG (Yttrium Aluminium Garnet dopé au Néodyme), Yb:YAG, Cr:YAG, Nd:YLF, Nd:verre, Ti:saphir, Cr:forstérite ou encore 15 Yb:verre. Le milieu est adapté pour émettre sous stimulation des rayons laser à une fréquence fondamentale  $\omega_1$ . Le choix d'un tel milieu est dicté par la longueur d'onde du laser et la largeur spectrale du gain désirées.

20 [0036] Selon une forme d'exécution de l'invention, le milieu amplificateur est un barreau de cristal Nd:YAG 5 présentant des dimensions de 115 X 7 mm qui est pompé par deux lampes à flash permettant la stimulation d'un faisceau laser d'une fréquence fondamentale  $\omega_1 = 1064$  nm.

25 [0037] L'énergie de la pompe électrique est de ~17 J, tandis que la fréquence de répétition est de 20 Hz.

[0038] Deux lentilles 61 et 62 pourvues d'un revêtement anti-reflets et caractérisées respectivement par des distances focales de 100 et de -40 mm forment le 30 télescope 6. Un diaphragme 3 de 0,8 mm limite le fonctionnement du laser à un seul mode transversal. Le limiteur d'intensité destiné au mode-blocage actif selon cette forme d'exécution comprend un élément AOML 2

(mode-bloqueur photo-acoustique) situé à proximité du miroir à réflexion élevée 1 et une lame de GaAs 4. La longueur de la cavité totale est d'approximativement 1,5 m et est adaptée à la fréquence de modulation de 100 Mhz de l'AOML.

[0039] Le moyen optique non-linéaire 10 comprend en plus du miroir dichroïque 8, selon la forme d'exécution représentée à la figure 1, un cristal non-linéaire 7 de type BBO d'une longueur de 3 mm qui permet la génération d'un faisceau de second harmonique ( $\omega_2 = 532 \text{ nm}$ ) par interaction de type I. Le moyen optique non-linéaire 10 présente un coefficient de réflexion supérieur à 99% à 532 nm et égal à 25% à 1064 nm. D'autres cristaux non-linéaires pourraient être utilisés tels que le LBO (Lithium Triborate), le KDP (Potassium Dihydrogénophosphate), le KTP (Potassium Titanyl Phosphate), le BBO (Bêta-Baryum Borate), le PPLN (Periodically Poled Lithium Niobate) ou encore le KNbO<sub>3</sub> (Potassium Niobate). La lame de GaAs est placée à incidence de Brewster. L'ajustement de la distance séparant le cristal non-linéaire 7 du miroir dichroïque 8 permet le réglage du déphasage entre le faisceau fondamental et le faisceau de second harmonique lors du processus de reconversion.

[0040] Lorsque cette distance est correctement ajustée, on observe une augmentation notable de l'intensité du faisceau généré par la cavité, ce qui révèle le mode-blocage passif efficace de l'oscillateur YAG.

[0041] La puissance moyenne de sortie de la cavité laser est de ~30 mW (énergie de train d'impulsions = 1,5 mJ) pour une énergie de pompe électrique de ~17 J lorsque l'élément AOML 2 est utilisé dans la cavité.

[0042] La figure 2 représente l'enveloppe du train d'impulsions long de 2  $\mu$ s telle que mesurée par une photodiode p-i-n avec un oscilloscope de largeur de bande de 60 MHz. La première partie de l'enveloppe (0-500 ns) est 5 caractérisée par une variation rapide de l'énergie d'impulsion et est suivie par un plateau de 600 à 1800 ns caractérisé par une énergie d'impulsion quasi constante, estimée à 10  $\mu$ J/impulsion.

[0043] Bien que des études précédentes aient révélé 10 que ce dispositif pouvait fonctionner sans le mode-blocage actif, un fonctionnement beaucoup plus stable de l'oscillateur YAG a été observé lorsque l'élément AOML est utilisé dans la cavité.

[0044] La figure 3 présente la mesure de la largeur 15 des impulsions au milieu du plateau de l'enveloppe du train. Cette mesure est réalisée par auto-corrélation du second ordre standard sans signal de fond en synchronisant la fenêtre de 50 ns de l'intégrateur de signal d'auto-corrélation sur le milieu du plateau stable de 20 l'enveloppe des trains.

[0045] Supposant un profil gaussien, on déduit une durée d'impulsion de 12 ps LTMH pour l'impulsion fondamentale. L'intensité crête à l'intérieur de la cavité atteint une valeur de l'ordre de 55 MW/cm<sup>2</sup>, ce qui est en 25 accord avec le commencement de l'absorption à deux photons dans un semi-conducteur de GaAs.

[0046] En conclusion, il est possible d'obtenir une durée d'impulsion réduite à 12 ps ou même moins à partir 30 d'un laser Nd:YAG pulsé pompé par lampe à flash, en combinant un élément de rétroaction passif-négatif constituant le limiteur d'intensité, qui est dans le cas présent une lame de GaAs, à un élément de rétroaction positif qui est un moyen optique non-linéaire dans le

présent cas, constitué d'un cristal non-linéaire (BBO) doubleur de fréquence associé à un miroir dichroïque.

[0047] L'augmentation du nombre d'aller-retour réalisés par les impulsions optiques ainsi que leur 5 stabilisation en énergie induite par le limiteur d'intensité constituent deux facteurs clé pour obtenir des impulsions brèves. La durée de ces impulsions est très proche de la limite inférieure de ~10 ps, imposée par la transformée de Fourier du spectre de gain du milieu 10 amplificateur Nd:YAG.

[0048] Le laser pulsé équipé du dispositif décrit dans le présent document présente les caractéristiques idéales pour le pompage synchrone d'oscillateur paramétrique optique.

15 [0049] D'autre part, l'interposition intra- ou extra-cavité d'éléments passifs et actifs de modification et de sélection de polarisation tels que cellule de Pockels, polariseurs et lames retardatrices permettra de sélectionner des impulsions uniques énergétiques.

REVENDICATIONS

5                   1. Dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant une cavité résonnante (20),

- délimitée par un premier miroir (1) et un second miroir (8),

10 - munie d'un milieu laser actif amplificateur (5) pour l'amplification d'un faisceau de rayonnement laser à la fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ),

- et d'un moyen optique non-linéaire solide (10), qui comprend au moins ledit second miroir (8), pour la

15 conversion réversible du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en rayonnement de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ), ledit moyen optique non-linéaire (10) présentant un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale,

20 caractérisé en ce que ledit dispositif comprend en outre dans la cavité résonnante (20) un limiteur d'intensité (4) solide dont le coefficient de transmission du rayonnement laser diminue avec l'intensité dudit rayonnement.

                2. Dispositif selon la revendication 1,

25 caractérisé en ce que le limiteur d'intensité (4) comprend une lame réalisée en un matériau semi-conducteur tel que GaAs, CdSe ou InP.

                3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le limiteur d'intensité (4) comprend

30 un cristal non-linéaire capable de convertir le rayonnement de fréquence fondamentale en rayonnement de fréquence harmonique, ou un dispositif actif commandé

électroniquement tel qu'une cellule de Pockels ou un modulateur photo-acoustique (2).

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen optique non-linéaire (10) comprend ledit second miroir (8) qui correspond à un miroir dichroïque et un cristal non-linéaire (7) capable de convertir le rayonnement de fréquence fondamentale en rayonnement de fréquence harmonique.

10 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le moyen optique non-linéaire (10) comprend ledit second miroir (8) qui correspond à un miroir dichroïque, un cristal non-linéaire (7) capable de convertir le rayonnement de fréquence fondamentale en 15 rayonnement de fréquence harmonique et au moins un élément permettant la modification et/ou la sélection de polarisation.

20 6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que ledit cristal non linéaire est un cristal BBO.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le moyen optique non-linéaire (10) comprend uniquement le second miroir (8), ledit second miroir correspondant à un absorbeur saturable anti-25 résonnant Fabry-Perot construit à partir d'une superposition de films semi-conducteurs diélectriques ou métalliques.

30 8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le limiteur d'intensité (4) et le moyen optique non-linéaire (10) sont placés de part et d'autre du milieu actif amplificateur (5).

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le limiteur d'intensité

(4) est placé entre le moyen optique non-linéaire (10) et le milieu actif amplificateur (5).

10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le milieu actif amplificateur est un cristal Nd :YAG.

11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen optique non linéaire (10) présente un coefficient de réflexion du rayonnement de deuxième harmonique ( $\omega_2$ ) supérieur au coefficient de réflexion du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ).

12. Dispositif pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, comprenant une cavité résonnante (20),

- 15 - délimitée par un premier miroir (1) et un second miroir (8),
- munie d'un milieu laser actif amplificateur (5) pour l'amplification d'un faisceau de rayonnement laser à la fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ),
- 20 - et d'un moyen optique non-linéaire solide (10), qui comprend au moins ledit second miroir (8), pour la conversion réversible du rayonnement de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) en rayonnement de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ), ledit moyen optique non-linéaire (10) présentant un coefficient de réflexion qui augmente avec l'intensité du rayonnement à la fréquence fondamentale, caractérisé en ce que ledit dispositif est pourvu de moyens assurant à la fois une rétroaction positive et une rétroaction négative sur le facteur qualité de la cavité résonnante (20).

13. Procédé pour le mode-blocage d'un laser, en particulier un laser de type pulsé, caractérisé en ce qu'il comprend :

- l'émission d'un faisceau de rayonnement laser de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) par stimulation d'un milieu laser actif (5),
- la conversion du faisceau de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ )  
5 en un faisceau de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ),
- le renvoi du faisceau de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ) vers la cavité résonnante (20),
- la reconversion du faisceau de fréquence harmonique ( $\omega_2$ ) en un faisceau de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ), et  
10 - la limitation d'intensité du faisceau de fréquence fondamentale ( $\omega_1$ ) au sein de la cavité résonnante (20).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/2

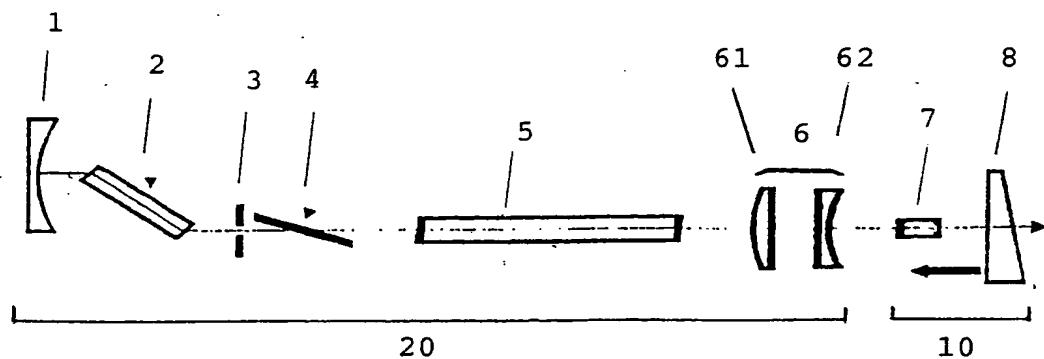


FIG. 1

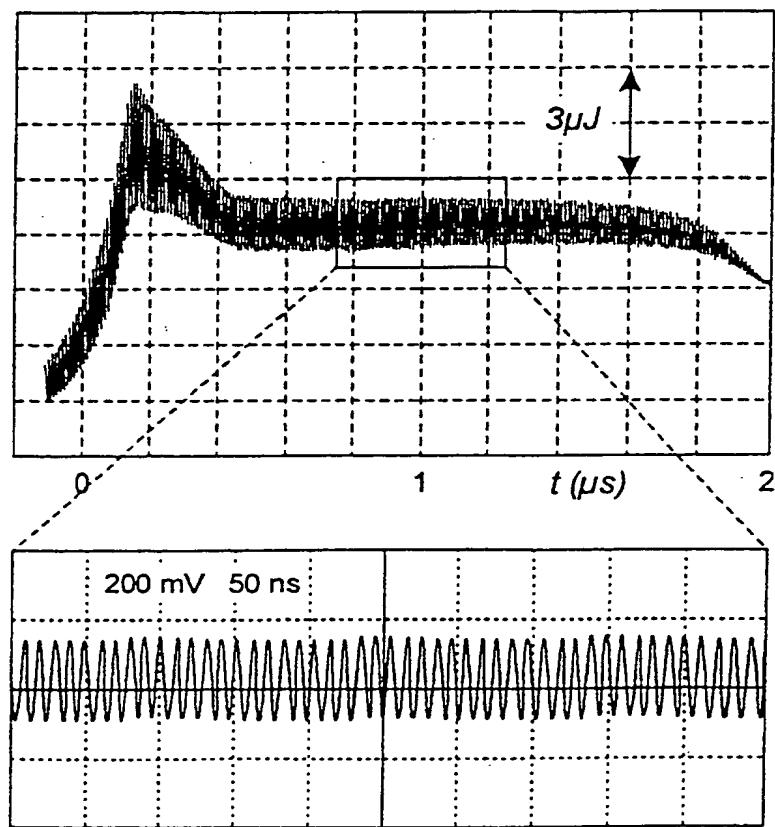


FIG. 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

"

1

2 / 2

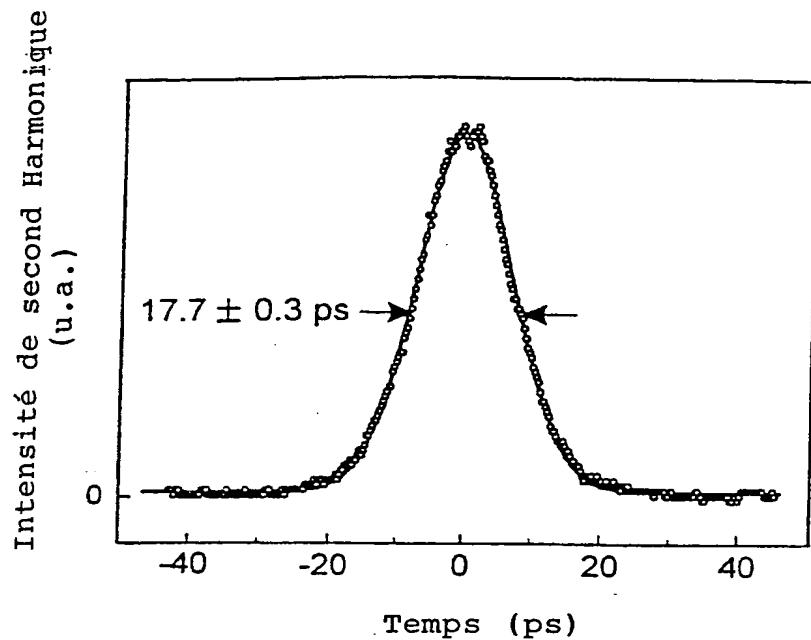


FIG. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

"

"

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/00/00049

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01S3/098

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	BUCHVAROV I ET AL: "NONLINEAR DOUBLING MODE-LOCKING OF FEEDBACK CONTROLLED PULSED ND:YAG LASER" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, vol. 118, no. 1/02, 1 juillet 1995 (1995-07-01), pages 51-54, XP000508418 ISSN: 0030-4018 le document en entier ----	1,3-5,8, 10-13
Y	----- -/-	2,6,7

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 août 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/09/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Hervé, D

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR 00/00049

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	A. DEL CORNO, G. GABETTA, G.C. REALI, V.KUBECEK, J.MAREK: "Shortening of pulses from an active passive mode-locked Nd:Yag laser through two photon absorption in GaAs" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO), ANAHEIM, vol. 7, 21 - 25 mai 1990, pages 120-122, XP002144890 US, New-York, IEEE 1990 le document en entier ----	2
Y	STANKOV K A: "NEGATIVE FEEDBACK USING A NONLINEAR MIRROR FOR THE GENERATION OF A LONG TRAIN OF SHORT LIGHT PULSES" APPLIED PHYSICS B. PHOTOPHYSICS AND CHEMISTRY, DE, SPRINGER VERLAG. HEIDELBERG, vol. B52, no. 3, 1 mars 1991 (1991-03-01), pages 158-162, XP000219814 page 159, colonne 2, ligne 7; figure 2	6
Y	KELLER U ET AL: "SELF-STARTING FEMTOSECOND MODE-LOCKED ND:GLASS LASER THAT USES INTRACAVITY SATURABLE ABSORBERS" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 18, no. 13, 1 juillet 1993 (1993-07-01), pages 1077-1079, XP000372744 ISSN: 0146-9592 page 1077, colonne 2, alinéa 2; figure 1	7
A	BUCHVAROV I CH ET AL: "PULSE SHORTENING IN AN ACTIVELY MODE-LOCKED LASER WITH A FREQUENCY-DOUBLING NONLINEAR MIRROR" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, vol. 83, no. 3 / 04, 1 juin 1991 (1991-06-01), pages 241-245, XP000232060 ISSN: 0030-4018 le document en entier	1-13
A	MARTINEZ O E ET AL: "DETERMINISTIC PASSIVE MODE LOCKING OF SOLID-STATE LASERS" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, vol. 39, no. 11, 1 décembre 1981 (1981-12-01), pages 875-877, XP000706172 ISSN: 0003-6951 le document en entier	1-13

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In. . Application No  
PCT/BE 00/00049

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H01S3/098										
<p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p> <b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01S										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched										
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC										
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category</th> <th style="width: 80%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 10%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>BUCHVAROV I ET AL: "NONLINEAR DOUBLING MODE-LOCKING OF FEEDBACK CONTROLLED PULSED ND:YAG LASER" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, Vol. 118, no. 1/02, 1 July 1995 (1995-07-01), pages 51-54, XP000508418 ISSN: 0030-4018 the whole document ----</td> <td>1,3-5,8, 10-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>----- -----</td> <td>2,6,7</td> </tr> </tbody> </table>		Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	BUCHVAROV I ET AL: "NONLINEAR DOUBLING MODE-LOCKING OF FEEDBACK CONTROLLED PULSED ND:YAG LASER" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, Vol. 118, no. 1/02, 1 July 1995 (1995-07-01), pages 51-54, XP000508418 ISSN: 0030-4018 the whole document ----	1,3-5,8, 10-13	Y	----- -----	2,6,7
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
X	BUCHVAROV I ET AL: "NONLINEAR DOUBLING MODE-LOCKING OF FEEDBACK CONTROLLED PULSED ND:YAG LASER" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, Vol. 118, no. 1/02, 1 July 1995 (1995-07-01), pages 51-54, XP000508418 ISSN: 0030-4018 the whole document ----	1,3-5,8, 10-13								
Y	----- -----	2,6,7								
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.										
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date. *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed										
*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family										
Date of the actual completion of the international search  14 August 2000										
Date of mailing of the international search report  07/09/2000										
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016										
Authorized officer  Hervé, D										

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/BE 00/00049

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	A. DEL CORNO, G. GABETTA, G.C. REALI, V.KUBECEK, J.MAREK: "Shortening of pulses from an active passive mode-locked Nd:Yag laser through two photon absorption in GaAs" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO), ANAHEIM, vol. 7, 21 - 25 May 1990, pages 120-122, XP002144890 US, New-York, IEEE 1990 the whole document ---	2
Y	STANKOV K A: "NEGATIVE FEEDBACK USING A NONLINEAR MIRROR FOR THE GENERATION OF A LONG TRAIN OF SHORT LIGHT PULSES" APPLIED PHYSICS B. PHOTOPHYSICS AND CHEMISTRY, DE, SPRINGER VERLAG. HEIDELBERG, vol. B52, no. 3, 1 March 1991 (1991-03-01), pages 158-162, XP000219814 page 159, column 2, line 7; figure 2 ---	6
Y	KELLER U ET AL: "SELF-STARTING FEMTOSECOND MODE-LOCKED ND:GLASS LASER THAT USES INTRACAVITY SATURABLE ABSORBERS" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 18, no. 13, 1 July 1993 (1993-07-01), pages 1077-1079, XP000372744 ISSN: 0146-9592 page 1077, column 2, paragraph 2; figure 1 ---	7
A	BUCHVAROV I CH ET AL: "PULSE SHORTENING IN AN ACTIVELY MODE-LOCKED LASER WITH A FREQUENCY-DOUBLING NONLINEAR MIRROR" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, vol. 83, no. 3 / 04, 1 June 1991 (1991-06-01), pages 241-245, XP000232060 ISSN: 0030-4018 the whole document ---	1-13
A	MARTINEZ O E ET AL: "DETERMINISTIC PASSIVE MODE LOCKING OF SOLID-STATE LASERS" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, vol. 39, no. 11, 1 December 1981 (1981-12-01), pages 875-877, XP000706172 ISSN: 0003-6951. the whole document ---	1-13

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Document International No  
PCT/BE 00/00049

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 7 H01S3/098		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 H01S		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	BUCHVAROV I ET AL: "NONLINEAR DOUBLING MODE-LOCKING OF FEEDBACK CONTROLLED PULSED ND:YAG LASER" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, vol. 118, no. 1/02, 1 juillet 1995 (1995-07-01), pages 51-54, XP000508418 ISSN: 0030-4018 Le document en entier -----	1, 3-5, 8, 10-13
Y	----- -----	2, 6, 7
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
° Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
14 août 2000		07/09/2000
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Hervé, D

## RAPPORT DE

## HERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/BE 00/00049

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	A. DEL CORNO, G. GABETTA, G.C. REALI, V.KUBECEK, J.MAREK: "Shortening of pulses from an active passive mode-locked Nd:Yag laser through two photon absorption in GaAs" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO), ANAHEIM, vol. 7, 21 - 25 mai 1990, pages 120-122, XP002144890 US, New-York, IEEE 1990 le document en entier ---	2
Y	STANKOV K A: "NEGATIVE FEEDBACK USING A NONLINEAR MIRROR FOR THE GENERATION OF A LONG TRAIN OF SHORT LIGHT PULSES" APPLIED PHYSICS B. PHOTOPHYSICS AND CHEMISTRY, DE, SPRINGER VERLAG. HEIDELBERG, vol. B52, no. 3, 1 mars 1991 (1991-03-01), pages 158-162, XP000219814 page 159, colonne 2, ligne 7; figure 2 ---	6
Y	KELLER U ET AL: "SELF-STARTING FEMTOSECOND MODE-LOCKED ND:GLASS LASER THAT USES INTRACAVITY SATURABLE ABSORBERS" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 18, no. 13, 1 juillet 1993 (1993-07-01), pages 1077-1079, XP000372744 ISSN: 0146-9592 page 1077, colonne 2, alinéa 2; figure 1 ---	7
A	BUCHVAROV I CH ET AL: "PULSE SHORTENING IN AN ACTIVELY MODE-LOCKED LASER WITH A FREQUENCY-DOUBLING NONLINEAR MIRROR" OPTICS COMMUNICATIONS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, vol. 83, no. 3 / 04, 1 juin 1991 (1991-06-01), pages 241-245, XP000232060 ISSN: 0030-4018 le document en entier ---	1-13
A	MARTINEZ O E ET AL: "DETERMINISTIC PASSIVE MODE LOCKING OF SOLID-STATE LASERS" APPLIED PHYSICS LETTERS, US, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, vol. 39, no. 11, 1 décembre 1981 (1981-12-01), pages 875-877, XP000706172 ISSN: 0003-6951 le document en entier ---	1-13